

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-163403

(43)Date of publication of application : 18.06.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/301

(21)Application number : 09-328665

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 28.11.1997

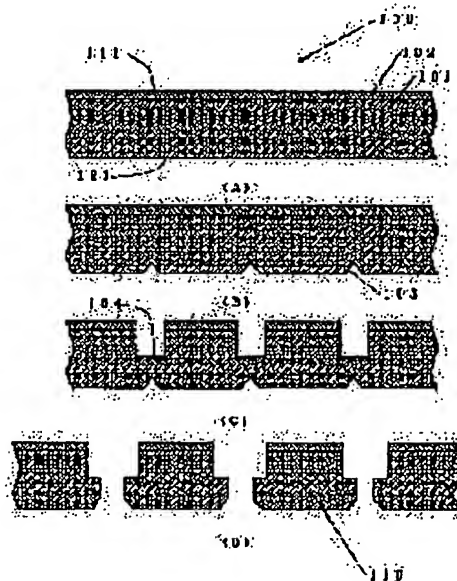
(72)Inventor : SHONO HIROBUMI
TOYODA TATSUNORI

(54) MANUFACTURE OF NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To especially provide a method for manufacturing a nitride semiconductor element which enables separation of a nitride semiconductor element formed on a substrate with high yield, related to a method for manufacturing a light-emitting diode or a laser diode capable of emitting ultraviolet to orange lights and furthermore a group III-V semiconductor element that can be driven at high temperatures.

SOLUTION: A method for manufacturing a nitride semiconductor element 110, in which a semiconductor wafer 100 having a nitride semiconductor 102 formed on a substrate 101 is divided into nitride semiconductor elements 110, and in particular includes a step of radiating a laser beam through a semiconductor wafer 100 from the side of a first main surface (111) of the semiconductor wafer 100 and/or the side of a second main surface (121) of the semiconductor wafer 100, thus forming a scribe line 103 at a focal point formed at least on the side of the second main surface 121 of the substrate 101 and/or the side of the first main surface (111) of the substrate 101, and a step of separating the semiconductor wafer along the scribe line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3449201

[Date of registration] 11.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-163403

(43)公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

21/301

21/78

L

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-328665

(22)出願日 平成9年(1997)11月28日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 庄野 博文

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(72)発明者 豊田 達憲

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

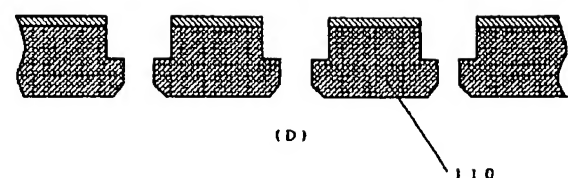
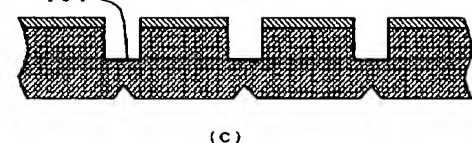
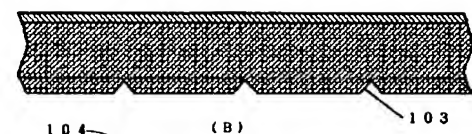
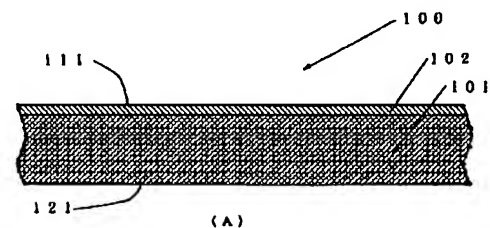
学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード更には、高温においても駆動可能な3-5族半導体素子の製造方法に係わり、特に、歩留まりよく基板上に形成された窒化物半導体素子を分離可能な窒化物半導体素子の製造方法を提供する。

【解決手段】基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子(110)の製造方法であり、特に半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し第1の主面(111)側及び／又は第2の主面(121)側からレーザーを半導体ウエハー(100)を介して照射し少なくとも基板(101)の第2の主面(121)側及び／又は基板(101)の第1の主面(111)側に形成された焦点にスクライプ・ライン(103)を形成する工程と、スクライプ・ラインに沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板 (101) 上に窒化物半導体 (102) が形成された半導体ウェハー (100) を窒化物半導体素子 (110) に分割する窒化物半導体素子 (110) の製造方法であって、前記半導体ウェハー (100) は第 1 及び第 2 の主面を有し、該第 1 の主面 (111) 側及び／又は第 2 の主面 (121) 側からレーザーを前記半導体ウェハー (100) を介して照射し、少なくとも前記基板 (101) の第 2 の主面 (121) 側及び／又は前記基板 (101) の第 1 の主面 (111) 側に形成された焦点にスクライブ・ライン (103) を形成する工程と、前記スクライブ・ラインに沿って半導体ウェハーを分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 の主面 (111) は基板 (101) 上の一方にのみ窒化物半導体 (102) が形成された半導体ウェハー (100) の窒化物半導体積層側であり、第 2 の主面 (121) は半導体ウェハー (100) を介して第 1 の主面 (111) と対向する基板露出面側である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 3】 前記スクライブ・ラインは基板露出面に形成された凹部 (103) である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 4】 前記スクライブ・ラインは基板内部に形成された加工変質層 (206) である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 5】 レーザーが照射される前記半導体ウェハー (100) の第 1 の主面 (111) 側及び／又は第 2 の主面 (121) 側にダイヤモンドスクライバー、ダイサー、レーザー加工機から選択される少なくとも 1 種によって前記スクライブ・ラインと略平行の溝部 (104) を形成する工程を有する請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 6】 基板 (101) 上の一方にのみ窒化物半導体 (102) が形成された半導体ウェハー (100) を窒化物半導体素子 (110) に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第 1 及び第 2 の主面を有する半導体ウェハー (100) の窒化物半導体 (102) が形成された第 1 の主面 (111) 側からレーザーを照射して第 2 の主面 (121) 側にスクライブ・ライン (103) を形成する工程と、前記第 1 の主面 (111) 側から前記スクライブ・ライン (103) と略平行であり基板 (101) 表面に達する溝部 (104) を形成する工程と、前記スクライブ・ライン (103) に沿って半導体ウェハー (100) を分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 7】 前記溝部 (204) は第 1 の主面 (211) 側の予め基板が露出された表面に形成される請求項 6 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 8】 基板 (301) 上の一方にのみ窒化物半導体 (300)

2) が形成された半導体ウェハー (300) を窒化物半導体素子 (310) に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、

第 1 及び第 2 の主面を有する半導体ウェハー (300) の窒化物半導体 (302) が形成された第 1 の主面 (311) と対向する第 2 の主面 (321) 側からレーザーを照射して基板 (301) の第 1 の主面 (311) 側にスクライブ・ライン (308) を形成する工程と、

前記第 2 の主面 (321) 側から窒化物半導体 (302) に達しない溝部 (309) を前記スクライブ・ライン (308) と略平行に形成する工程と、

前記スクライブ・ライン (308) に沿って前記半導体ウェハー (300) を分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード、更には高温においても駆動可能な 3-5 族半導体素子の製造方法に係わり、特に、基板上に形成された窒化物半導体素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】 今日、高エネルギーバンドギャップを有する窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) を利用した半導体素子が開発されつつある。窒化物半導体を利用したデバイス例として、青色、緑色や紫外がそれぞれ発光可能な発光ダイオードや青紫光が発光可能な半導体レーザーが報告されている。更には高温においても安定駆動可能且つ機械的強度が高い各種半導体素子などが挙げられる。

【0003】 通常、GaAs、GaP や InGaAlAs などの半導体材料が積層された半導体ウェハーは、チップ状に切り出され赤色、橙色、黄色などが発光可能な LED チップなどの半導体素子として利用される。半導体ウェハーからチップ状に切り出す方法としては、ダイサー、やダイヤモンドスクライバーが用いられる。ダイサーとは刃先をダイヤモンドとする円盤の回転運動によりウェハーをフルカットするか、又は刃先巾よりも広い巾の溝を切り込んだ後 (ハーフカット)、外力によりカットする装置である。一方、ダイヤモンドスクライバーとは同じく先端をダイヤモンドとする針などにより半導体ウェハーに極めて細い線 (スクライブ・ライン) を例えば基盤目状に引いた後、外力によってカットする装置である。GaP や GaAs 等のせん断鉛構造の結晶は、へき開性が「110」方向にある。そのため、この性質を利用して GaAs、GaAlAs、GaP などの半導体ウェハーを比較的簡単に所望形状に分離することができる。

【0004】 しかしながら、窒化物半導体を利用した半導体素子は、GaP、GaAlAs や GaAs 半導体基

板上に形成させたGaAsP、GaPやInGaAlAsなどの半導体素子とは異なり単結晶を形成させることが難しい。結晶性の良い窒化物半導体の単結晶膜を得るためには、MOCVD法やHDVPE法などを用いサファイアやスピネル基板など上にバッファ層を介して形成させることが行われている。サファイア基板などの上に形成された窒化物半導体層を所望の大きさに切断分離することによりLEDチップなど半導体素子を形成させなければならない。

【0005】サファイアやスピネルなどに積層される窒化物半導体はヘテロエピ構造である。窒化物半導体はサファイア基板などとは格子定数不整が大きい。また、サファイア基板は六方晶系という結晶構造を有しており、その性質上へき開性を有していない。さらに、サファイア、窒化物半導体ともモース硬度がほぼ9と非常に硬い物質である。

【0006】したがって、ダイヤモンドスクライバーで切断することは困難であった。また、ダイサーでフルカットすると、その切断面にクラック、チッピングが発生しやすく綺麗に切断できなかった。また、場合によっては基板から窒化物半導体層が部分的に剥離する場合があった。

【0007】窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性や効率を向上させることができる。しかも、1枚の半導体ウエハーから多くの半導体チップを得ることができるため生産性をも向上させられる。

【0008】そのため窒化物半導体ウエハーはダイヤモンドスクライバーやダイサーを組み合わせて所望のチップごとに分離することが行われている。チップごとの分離方法として特開平8-274371号などに記載されている。具体的一例として、図5(A)から図5(D)に窒化物半導体素子の製造方法を示す。サファイア基板(501)上に窒化物半導体層(502)が形成された半導体ウエハー(500)を図5(A)に示している。サファイア基板下面側から窒化物半導体層に達しない深さでダイサー(不図)による溝部(509)を形成する工程を図5(B)に示している。溝部(509)にスクライブ・ライン(507)を形成する工程を図5(C)に示してある。スクライブ工程の後半導体ウエハー(500)をチップ状の半導体発光素子(510)に分離する分離工程を図5(D)に示してある。これにより、切断面のクラック、チッピングが発生することなく比較的綺麗に切断することができるとされている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体ウエハーの一方のみにスクライブ・ラインなどを形成させると分離時に他方の切断面にクラック、チッピングが発生しやすい傾向にある。分離された窒化物半導体素子

の一面形状は揃えることが可能であるが、窒化物半導体素子の他方の表面形状ではバラツキが発生し、半導体ウエハーにクラックやチッピングが生じやすい。したがって、半導体ウエハーを分離するときに、スクライブ・ライン形成面側から形成されていない半導体ウエハー面側への割れかたを制御し完全に窒化物半導体素子の形状を揃えて切断することは極めて難しいという問題を有する。

【0010】他方、半導体ウエハーの両面にスクライブ・ラインを形成させ窒化物半導体ウエハーの割れ方を制御することは可能である。しかし、窒化物半導体ウエハーの両主面にスクライブ・ラインを形成するには半導体ウエハーをゴミの付着などを防止しつつ、ひっくり返し再度固定する工程が必要となり極めて量産性が悪くなる。また、サファイア基板上に形成された窒化物半導体の半導体ウエハー硬度は極めて高くダイヤモンドスクライバーのカッター刃先などの消耗、劣化が多くなり加工精度のバラツキ、刃先交換の為に製造コストが発生する。さらには、ダイヤモンドスクライバーでスクライブ・ラインを形成させると刃先の磨耗に応じてダイヤモンドスクライバーの加重を変えなければならない。また、ダイヤモンドスクライバーによりスクライブ・ラインを形成させるためにはそのダイヤモンドの刃先ごとに適した角度で接触させなければならず極めて量産性が悪いという問題を有する。

【0011】より小さい窒化物半導体素子を正確に量産性よく形成させることが望まれる今日においては上記切断方法においては十分ではなく、より優れた窒化物半導体素子の製造方法が求められている。

【0012】特に、窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性や効率を向上させることができる。しかも、1枚のウエハーから多くの窒化物半導体素子を得ることができるため生産性をも向上させられる。

【0013】したがって、本発明は窒化物半導体ウエハーをチップ状に分離するに際し、切断面のクラック、チッピングの発生をより少なくする。また、窒化物半導体の結晶性を損なうことなく、かつ歩留まりよく所望の形、サイズに分離された窒化物半導体素子を量産性良く形成する製造方法を提供することを目的とするものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子(110)の製造方法である。特に、半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し第1の主面(111)側及び／又は第2の主面(121)側からレーザーを半導体ウエハー(100)を介して照射し少なくとも基板(101)の第2の主面(12

1)側及び／又は基板(101)の第1の主面(111)側に形成された焦点にスクライブ・ライン(103)を形成する工程と、スクライブ・ラインに沿って半導体ウェハーを分離する工程とを有する窒化物半導体素子の製造方法である。

【0015】本発明の請求項2に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、第1の主面(111)が基板(101)上の一方向のみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウェハー(100)の窒化物半導体積層側であり、第2の主面(121)が半導体ウェハー(100)を介して第1の主面(111)と対向する基板露出面側である。

【0016】本発明の請求項3に記載された窒化物半導体素子の製造方法において、スクライブ・ラインが基板露出面に形成された凹部(103)である。

【0017】本発明の請求項4に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、スクライブ・ラインが基板内部に形成された加工変質層(206)である。

【0018】本発明の請求項5に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、レーザーが照射される半導体ウェハー(100)の第1の主面(111)側及び／又は第2の主面(121)側にダイヤモンドスクライバー、ダイサー、レーザー加工機から選択される少なくとも1種によってスクライブ・ラインと略平行の溝部(104)を形成する工程を有する。

【0019】本発明の請求項6に記載の窒化物半導体素子の製造方法は、基板(101)上の一方向のみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウェハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第1及び第2の主面を有する半導体ウェハー(100)の窒化物半導体(102)が形成された第1の主面(111)側からレーザーを照射して第2の主面(121)側にスクライブ・ライン(103)を形成する工程と、第1の主面(111)側からスクライブ・ライン(103)と略平行であり基板(101)表面に達する溝部(104)を形成する工程と、スクライブ・ライン(103)に沿って半導体ウェハー(100)を分離する工程とを有する。

【0020】本発明の請求項7に記載の窒化物半導体素子の製造方法においては、溝部(204)が第1の主面(211)側の予め基板が露出された表面に形成される。

【0021】本発明の請求項8に記載の窒化物半導体素子の製造方法は、基板(301)上の一方向のみ窒化物半導体(302)が形成された半導体ウェハー(300)を窒化物半導体素子(310)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第1及び第2の主面を有する半導体ウェハー(300)の窒化物半導体(302)が形成された第1の主面(311)と対向する第2の主面(321)側からレーザーを照射して基板(301)の第1の主面(311)側にスクライブ・ライン(308)を形成する工程と、第2の主面(321)側から窒化物半導体(302)に達しない溝部(309)をスクライブ・ライン(308)と略平行に形成する工程と、スクライブ・ライン(30

8)に沿って半導体ウェハー(300)を分離する工程とを有する

【発明の実施の形態】本発明者らは種々実験の結果、窒化物半導体素子を製造する場合において半導体ウェハーの特定箇所に特定方向からレーザーを照射することにより、半導体特性を損傷することなく量産性に優れた窒化物半導体素子を製造することができることを見だし本発明を成すに至った。

【0022】即ち、本発明の方法により窒化物半導体素子の分離ガイドとなるスクライブ・ラインを窒化物半導体層を損傷することなく窒化物半導体ウェハーを透過してレーザー照射面側以外の任意の点に形成することができる。特に、同一面側から窒化物半導体素子に悪影響を引き起こすことなく半導体ウェハーの両面を比較的簡単に加工することができる。以下、本発明の製造方法について詳述する。

【0023】半導体ウェハーとして、LD (laser diode) となる構成の窒化物半導体層をスピネル基板上に形成させた。具体的には、スピネル基板上に、Ga₂Nのバッファー層、n型Ga₂Nのコンタクト層、n型AlGa₂Nのクラッド層、n型Ga₂Nの光ガイド層、SiをドープしたInの組成を変化させた多重量子井戸構造となるInGa₂Nの活性層、p型AlGa₂Nのキャップ層、p型Ga₂Nの光ガイド層、p型AlGa₂Nのクラッド層及びp型Ga₂Nのコンタクト層が積層されている。この半導体ウェハーのスピネル基板側からCO₂レーザーを照射して窒化物半導体層とスピネル基板の界面に加工変質層をスクライブ・ラインとして形成させた。スクライブ・ラインと略平行にダイサーによりスピネル基板上に溝を形成させる。ローラーにより溝に沿って加圧することで窒化物半導体素子を形成させた。分離された窒化物半導体素子は何れも端面が綺麗に形成されている。以下、本発明の工程に用いられる装置などについて詳述する。

【0024】(窒化物半導体ウェハー100、200、300、400) 窒化物半導体ウェハー100、200、300、400としては、基板101上に窒化物半導体102が形成されたものである。窒化物半導体102の基板101としては、サファイア、スピネル、炭化珪素、酸化亜鉛や窒化ガリウム単結晶など種々のものが挙げられるが量産性よく結晶性の良い窒化物半導体層を形成させるためにはサファイア基板、スピネル基板などが好適に用いられる。サファイア基板などは劈開性がなく極めて硬いため本発明が特に有効に働くこととなる。窒化物半導体は基板の一方向に形成させても良いし両面に形成させることもできる。

【0025】窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) はMOCVD法やHVPE法などにより種々形成することができる。窒化物半導体にPN接合、PIN接合、MIS接合を形成させることにより半導体素子として利用することができる。半導

体の構造もホモ接合、ヘテロ接合やダブルヘテロ接合など種々選択することができる。また、半導体層を量子効果が生じる程度の薄膜とした単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0026】窒化物半導体はバンドギャップが比較的大きく熱に強いことから紫外から赤色系まで発光可能な発光ダイオード、DVDなどに利用可能な短波長レーザーなどの発光素子、光センサーや比較的高起電力を有する太陽電池などの受光素子、耐熱性を持つトランジスターなど種々の半導体素子として利用することができる。

【0027】基板の厚さとしてはレーザー加工機の加工精度や出力により種々選択することができるがレーザーにより大きい溝（深い溝）を形成させる場合はダイヤモンドスクライバーやダイサーに比べて時間が掛かること及び長時間の加熱による部分的な破壊などの観点からレーザー加工による溝などを大きくさせすぎないことが好ましい。したがって、半導体ウエハーに形成される溝部104はレーザーによる他、量産性等を考慮してダイサーやダイヤモンドスクライバーにより種々選択することができる。或いはそれらの組み合わせにより形成させることができる。

【0028】窒化物半導体が積層されたサファイア基板を分離させる場合、切断端面を量産性良く切断させるために窒化物半導体ウエハーの最も薄い分離部の厚みは100 μ m以下が好ましい。100 μ m以下だとチップングやクラックなどが少なく比較的容易に分離することができる。基板の厚さの下限値は特に問わないが、あまり薄くすると半導体ウエハー自体が割れやすく量産性が悪くなるため30 μ m以上が好ましい。また、窒化物半導体層が単一量子井戸構造や多重量子井戸構造などの薄膜を含む場合、レーザー照射による半導体接合や半導体層の損傷を防ぐ目的で予めレーザーが照射される窒化物半導体層をエッチングなどにより予め除去することもできる。エッチングは種々のドライエッチング法やウェットエッチング法を用いることができる。

【0029】発光ダイオード用の窒化物半導体ウエハーとする場合、基板で通常300 μ mから500 μ mの厚みがあり、pn接合を持つ窒化物半導体層で数 μ mから数十 μ mの厚みがある。したがって、半導体ウエハーのほとんどが基板の厚みで占められることとなる。レーザーによる加工を行いやすくするために基板の厚みを研磨により薄くすることができる。このような研磨は、窒化物半導体を形成させてから薄くしても良いし薄く研磨した基板上に窒化物半導体を形成させることもできる。

【0030】なお、レーザーが照射された窒化物半導体ウエハーは、その焦点となる照射部が選択的に飛翔した凹部103、403或いは微視的なマイクロ・クロックの集合である加工変質層206、308になると考えられる。また、第1の主面側、第2の主面側とは加工分離される半導体ウエハーの総膜厚を基準として、総膜厚の

半分からその第1の主面或いは第2の主面に向けての任意の位置を言う。したがって、半導体ウエハーの表面でも良いし内部でも良い。さらに、本発明は第1の主面側及び/又は第2の主面側のレーザー加工に加えて半導体ウエハーの総膜厚の中心をレーザー加工させても良い。

【0031】（レーザー加工機）本発明に用いられるレーザー加工機としては、窒化物半導体ウエハーが分離可能な溝、加工変質層などが形成可能なものであればよい。具体的には、CO₂レーザー、YAGレーザーやエキシマ・レーザーなどが好適に用いられる。

【0032】レーザー加工機によって照射されるレーザーはレンズなどの光学系により所望により種々に焦点を調節させることができる。したがって、同一方向からのレーザー照射により半導体ウエハーの任意の焦点に窒化物半導体を損傷させることなく溝、加工変質層などを形成させることができる。また、レーザーの照射面は、フィルターを通すことなどにより真円状、楕円状や矩形状など所望の形状に調節させることもできる。

【0033】レーザー加工機によるスクライブ・ラインの形成にはレーザー照射装置自体を移動させても良いし照射されるレーザーのみミラーなどで走査して形成させることもできる。さらには、半導体ウエハーを保持するステージを上下、左右、90度回転など種々駆動させることにより所望のスクライブ・ラインを形成することもできる。以下、本発明の実施例について詳述するが実施例のみに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0034】

【実施例】（実施例1）厚さ200 μ mであり洗浄されたサファイアを基板としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハーを形成させた。窒化物半導体は基板を分離した後に発光素子とすることが可能なよう多層膜として成膜させた。まず、510℃において原料ガスとしてNH₃（アンモニア）ガス、TMG（トリメチルガリウム）ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約200オングストロームのパッファー層を形成させた。

【0035】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1050℃に挙げ再びNH₃（アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSiH₄（シラン）ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4 μ mのGa_n層を形成させた。

【0036】活性層は、一旦、キャリアガスのみとさせ反応装置の温度を800℃に保持した後、原料ガスとしてNH₃（アンモニア）ガス、TMGガス、TM₁（トリメチルインジウム）及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3nmのアンドープInGa_n層を堆積させた。

【0037】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1050℃に保

持した後、原料ガスとして NH_3 （アンモニア）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、TMGガス、ドーパントガスとして Cp_2Mg （シクロペンタジエルマグシウム）ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流しp型クラッド層として厚さ約 $0.1\mu\text{m}$ のGaAlN層を形成させた。

【0038】最後に、反応装置の温度を 1050°C に維持し原料ガスとして NH_3 （アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとして Cp_2Mg ガス及びキャリアガスとして水素ガスを流しp型コンタクト層として厚さ約 $0.5\mu\text{m}$ のGaAlN層を形成させた（図1

（A））。（なお、p型窒化物半導体層は 400°C 以上でアニール処理してある。）

こうして形成された半導体ウエハー100を形成された窒化物半導体102が上になるように上下・左右の平面方向に自由に駆動可能なテーブル上に固定させた。レーザー光線（波長 356nm ）をサファイア基板101上に形成された窒化物半導体102側から照射し、焦点がサファイア基板101の略底面に結ばれるようにレーザーの光学系を調整した。調整したレーザーを $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることによりサファイア基板101の底面に深さ約 $4\mu\text{m}$ のスクライプ・ライン103を縦横に形成する。形成されたスクライプ・ライン103は、窒化物半導体ウエハー100の主面から見るとそれぞれがその後に窒化物半導体素子110となる約 $350\mu\text{m}$ 角の大きさに形成させてある（図1（B））。

【0039】次に、レーザー加工機のレーザー照射部のみダイシングソーと入れ替え窒化物半導体ウエハーの固定を維持したままダイサーにより、半導体ウエハー100に窒化物半導体102の上面からサファイア基板101に達する溝部104を形成する。ダイサーにより形成された溝部104は、レーザー照射により形成されたスクライプ・ライン103と半導体ウエハー100を介して平行に形成されており、溝部104底面とサファイア基板101側の底面との間隔が、 $100\mu\text{m}$ でほぼ均一にさせた（図1（C））。

【0040】スクライプ・ライン103に沿って、不示図のローラーにより荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハーを切断分離することができる。分離された端面はいずれもチップングやクラックのない窒化物半導体素子110を形成することができる（図1（D））。

【0041】実施例1ではレーザーが照射される窒化物半導体102が形成された半導体ウエハー100の表面側ではなく窒化物半導体102及びサファイア基板101を透過した半導体ウエハー100の裏面側となるサファイア基板101底面で集光されたレーザーによりスクライプ・ライン103が形成される。

【0042】半導体ウエハー100の窒化物半導体102が形成された主面側（レーザー照射側）からサファイ

アなどの基板101に達する溝部104を形成することで、容易にかつ正確にスクライプ・ライン104に沿って窒化物半導体素子110を分割することができる。

【0043】なお、スクライプ・ライン103の形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーの如き、カッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、半導体ウエハーの片側からだけの加工で、半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、上面、裏面においても形状の揃った窒化物半導体素子110を製造することが可能となり、製造歩留まりを高め、形状のバラツキが低減できる分、特に、切り代を小さくし、半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。さらに、スクライプ・ライン110をサファイア基板101側の表面で形成させるためにレーザーによる加工くずが窒化物半導体102上に付着することなくスクライプ・ラインを形成することができる。

【0044】（実施例2）実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハーに、RIE（Reactive Ion Etching）によって窒化物半導体表面側から溝が形成されるサファイア基板との境界面が露出するまでエッチングさせ複数の島状窒化物半導体層205が形成された半導体ウエハーを用いる。なお、エッチング時にpn各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、pn各半導体層には、電極220がスパッタリング法により形成されている（図2（A））。

【0045】この半導体ウエハー200を実施例1と同様のレーザー加工機に固定配置させた。実施例2においてもレーザー加工機からのレーザーを窒化物半導体ウエハーの窒化物半導体205側から照射し、焦点がサファイア基板201の底面から $20\mu\text{m}$ のサファイア基板内部に結ばれるようにレーザー光学系を調整する。調整したレーザー光線を $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることによりサファイア基板の底面付近の基板内部に加工変質層206となるスクライプ・ラインを形成する（図2（B））。

【0046】次に、レーザー光学系（不示図）を調整し直し、焦点がエッチングにより露出されたサファイア基板201の上面（窒化物半導体の形成面側）に結ばれるように調整した。調整したレーザーを照射させながらステージを移動させることにより、半導体ウエハーに窒化物半導体層側の上面からサファイア基板に達する溝部を形成する。形成された溝部204は、加工変質層206とサファイア基板201を介して略平行に形成させてある。なお、レーザー照射により形成されたサファイア基板201上の溝部204は、溝部の底面とサファイア基板の底面との間隔が、約 $100\mu\text{m}$ で、ほぼ均一になるように調整してある。さらに、レーザー光学系を調節し直し、焦点がサファイア基板201に設けられた溝部底面に結ばれるよう調節した。調節したレーザーを 14J

／ cm^2 で照射させながらステージを移動させることにより、窒化物半導体が形成されたサファイア基板の露出面に設けられた溝部204の底面に深さ約 $3\mu\text{m}$ のスクライプ・ライン207を形成する(図2(C))。

【0047】続いて、溝部(スクライプ・ライン)に沿ってローラーによって荷重をかけ半導体ウエハーを切断し、LEDチップ210を分離させた(図2(D))。

【0048】こうして形成されたLEDチップに電力を供給したところいずれも発光可能であると共に切断端面にはチッピングが生じているものはほとんどなかった。歩留まりは98%以上であった。

【0049】実施例2では半導体ウエハーの片面側からレーザーにより基板表裏両面にスクライプ・ラインを形成することで、厚みがある窒化物半導体ウエハーでもスクライプ・ラインに沿って簡単に窒化物半導体素子を分割することが可能となる。また、溝の形成される部分が、サファイア基板までエッチングされているため、溝形成による窒化物半導体への損傷がより少なく分離させた後の窒化物半導体素子の信頼性を向上させることが可能である。特に、スクライプ・ラインが形成されるとき、レーザーの焦点がサファイア基板内部で結ばれていることから、半導体ウエハーを固定している、テーブル若しくは粘着性シートを損傷することなく加工が実現できる。また、レーザー照射による加工くずの発生もない。なお、全てをレーザー加工でなく溝の形成をダイサーで行っても本発明と同様に量産性良く窒化物半導体素子を形成することができる。

【0050】レーザーによって溝部、スクライプ・ラインを窒化物半導体ウエハーに対して非接触で加工できる。そのため、ブレード及びカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先の交換のために発生するコストを低減できる。また、半導体ウエハーの片側からだけの加工で、半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、形状の揃った半導体チップを製造することが可能となる。製造歩留まりを高め形状のバラツキが低減できる分切り代を小さくし、窒化物半導体ウエハーからの半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。

【0051】さらに、半導体層面からの溝部をもレーザーにより形成することで、より幅の狭い溝を形成することが可能となる。このため窒化物半導体ウエハーからのチップの採り数をさらに向上させることが可能となる。

【0052】(実施例3)実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハー300に、予めサファイア基板301を $80\mu\text{m}$ まで研磨して鏡面仕上げされている。この半導体ウエハーを窒化物半導体302が積層されていないサファイア基板301面を上にして実施例1と同様のレーザー加工機のステージに固定配置させた(図3(A))。

【0053】実施例3においてはレーザー加工機(不示

図)からのレーザーを窒化物半導体ウエハー300の窒化物半導体302が形成されていないサファイア基板301面側(基板露出面側)から照射し、焦点が窒化物半導体302とサファイア基板301の界面に結ばれるようにレーザー光学系を調整する。ステージを駆動させながらレーザーを照射することにより窒化物半導体302及び窒化物半導体と接したサファイア基板301界面近傍に加工変質層308であるスクライプ・ラインを縦横に第1のスクライプ・ラインとして形成する(図3(B))。

【0054】次に、レーザー加工機のレーザー照射部のみダイシングソー(不示図)と入れ替え窒化物半導体ウエハーの固定を維持したままダイサーによりブレード回転数30,000rpm、切断速度 3mm/sec で窒化物半導体が積層されていないサファイア基板底面側から窒化物半導体面に達しない溝部309を形成した。ダイサーにより形成された溝部は、縦横とも加工変質層308と略平行に設けられ溝部309の底面とサファイア基板底面との間隔が、 $50\mu\text{m}$ でほぼ均一になるように形成させる。さらに、ダイシングソーをレーザー加工機と入れ替えレーザーの焦点をダイサーにより形成された溝部309の底面に合わせる。レーザー照射により、サファイア基板301に形成された溝部309の底面に深さ約 $3\mu\text{m}$ の第2のスクライプ・ライン307を形成する(図3(C))。

【0055】第2のスクライプ・ライン307に沿って、ローラー(不示図)により荷重をかけ窒化物半導体ウエハーを切断分離し窒化物半導体素子310を形成させた(図3(D))。こうして形成された窒化物半導体素子の切断端面にはチッピングが生じているものはほとんどなかった。

【0056】実施例3に記載の方法は、サファイアなど基板301裏面側から窒化物半導体302に達しない溝部309を別途形成することで、レーザーにより形成されたスクライプ・ラインに沿って容易にかつ正確に窒化物半導体素子310を分離することが可能となる。したがって、上面、裏面においても形状の揃った窒化物半導体素子の供給、及び製品歩留まりの向上が可能となる。なお、ダイサーによる加工の後に、レーザー加工による第1及び第2のスクライプ・ラインの形成を形成することもできる。第1及び第2のスクライプ・ライン形成後にダイサーによる加工をすることもできる。

【0057】スクライプ・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーのカッター消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、窒化物半導体ウエハーをひっくり返すことなく、半導体ウエハーの片側からだけの加工で半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られる。形状の揃った半導体チップを製造することが可能となり、製造歩留まりを高め形状の

バラツキが低減できるため切り代を小さくし、窒化物半導体ウェハーからの半導体チップの採り数を向上させることが可能となる。さらに、レーザー加工による加工くずが窒化物半導体表面に付着することもない。

【0058】（実施例4）実施例1と同様にして形成させた半導体ウェハーに、RIE（Reactive Ion Etching）によって窒化物半導体表面側から溝が形成されるサファイア基板401との境界面が露出するまでエッチングさせ複数の島状窒化物半導体405が形成された半導体ウェハー400を用いる。なお、エッチング時にpn各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、pn各半導体層には、電極420がスパッタリング法により形成されている。この半導体ウェハー400のサファイア基板401を100 μ mまで研磨して鏡面仕上げさせる（図4（A））。

【0059】半導体ウェハー400を窒化物半導体が全く積層されていないサファイア基板401を上にして実施例1と同様のレーザー加工機（不示図）に固定配置させた。実施例4においてはレーザー加工機のレーザーを半導体ウェハー（400）の窒化物半導体405が形成されていないサファイア基板401面側から照射し、焦点は窒化物半導体405が積層されたサファイア基板表面側の（予め基板が露出された）表面近傍に結ばれるようにレーザー光学系（不示図）を調整し、レーザー走査によりサファイア基板401に深さ約4 μ mの第1のスクライブ・ライン403を縦横に形成する（図4（B））。

【0060】次に、レーザー光学系を再び調整してレーザーの走査により、窒化物半導体ウェハーにサファイア基板401側から窒化物半導体405面に達しない溝部409を第1のスクライブ・ライン403に沿って形成する。レーザー光学系を再び調整してレーザーの走査により、溝部の底面に深さ約3 μ mの第2のスクライブ・ラインを形成する（図4（C））。

【0061】スクライブ・ラインに沿って、ローラー（不示図）により荷重をかけ窒化物半導体ウェハーを分離し窒化物半導体素子410を形成させる（図4（D））。

【0062】分離された窒化物半導体素子であるLEDチップに通電させたところ何れも発光可能であり、その端面を調べたところチップングやクラックが生じているものはほとんどなかった。歩留まりは98%以上であった。

【0063】スクライブ・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーのカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、窒化物半導体ウェハーの片側からだけの加工で、半導体ウェハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、形状の揃った半導体素子を製造することが可能となり、製造歩留まり

を高め、形状のバラツキが低減できる分、切り代を小さくし、窒化物半導体ウェハーからの半導体チップの採り数を向上させることが可能となる。

【0064】（実施例5）実施例1のYAGレーザーの照射の代わりにエキシマ・レーザーを用いた以外は実施例1と同様にして半導体ウェハーを分離してLEDチップを形成させた。実施例1と同様半導体ウェハーを分離させるときに半導体ウェハーを裏返すことなく分離することができる。また、形成されたLEDチップの分離端面はいずれも発光可能でありチップングやクラックのない綺麗な面を有している。

【0065】（比較例1）レーザー加工の代わりにダイヤモンドスクライバーにより繰り返し3回スクライブした以外は実施例1と同様にして半導体ウェハーを分離させた。比較例1の分離された窒化物半導体素子は部分的にクラックが生じていた。また、割れが生じ約84%以下の歩留まりであった。なお、半導体ウェハーの両面にスクライブ・ラインやダイサーによる溝を形成させるためにひっくり返すなどの手間がかかり作業性が極めて悪く約1.5倍の時間が掛かった。

【0066】

【発明の効果】本発明の窒化物半導体素子の製造方法では、レーザー源から照射したレーザーをレンズなどの光学系で集光することにより、所望の焦点付近でエネルギーを集中させることができる。このエネルギー密度が非常に高くなった焦点でワークの加工がなされる。特に、窒化物半導体ウェハーを透過したレーザーの焦点を利用する。不要な分離部となる窒化物半導体ウェハーに光学系で調整したレーザーを照射し、必要な窒化物半導体層の損傷をすることなく窒化物半導体ウェハーのレーザー照射面に対して半導体ウェハーの反対側の面まで自由に加工を行うことが可能となる。

【0067】したがって、本発明は窒化物半導体ウェハーを透過した所望の焦点での加工を利用することにより、窒化物半導体ウェハーを両面側から加工する必要がなく、片側からのみの加工で窒化物半導体ウェハーの表裏両面から加工したのと同じ効果を得ることができる。したがってより歩留まりを向上させ、且つ形状にバラツキが少ない窒化物半導体素子及びその量産性の良い製造方法を提供することができる。

【0068】

【図の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の実施例1における半導体ウェハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0069】

【図2】図2は本発明の実施例2における半導体ウェハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0070】

【図3】図3は本発明の実施例3における半導体ウェハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0071】

【図4】図4は本発明の実施例4における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的断面図である。

【0072】

【図5】図5は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーの切断方法を示した模式的断面図である。

【0073】

【符号の説明】

100、200、300、400・・・半導体ウエハー

101、201、301、401・・・基板

102、302・・・窒化物半導体層

103、403・・・基板表面に形成されたスクライプ・ライン

104、204・・・半導体層面よりサファイア基板に形成した溝部

205、405・・・島状窒化物半導体層

206・・・基板内部に形成した加工変質層によるスク

ライプ・ライン

207、307、407・・・溝部底面に形成したスク

ライプ・ライン

308・・・半導体層と基板の境界に形成したスクライプ・ライン

309、409・・・サファイア基板に形成した溝部

110、210、310、410・・・窒化物半導体素子

111、211、311、411・・・第1の主面

121、221、321、421・・・第2の主面

220、420・・・電極

500・・・半導体ウエハー

501・・・基板

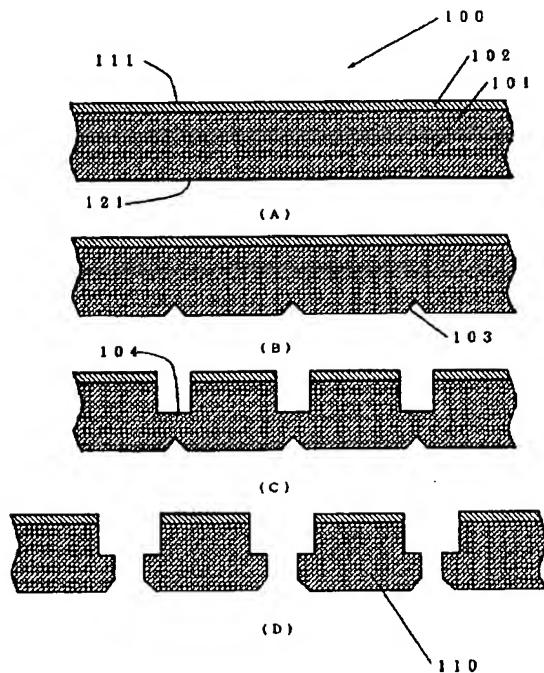
502・・・窒化物半導体層

507・・・溝部底面に形成したスクライプ・ライン

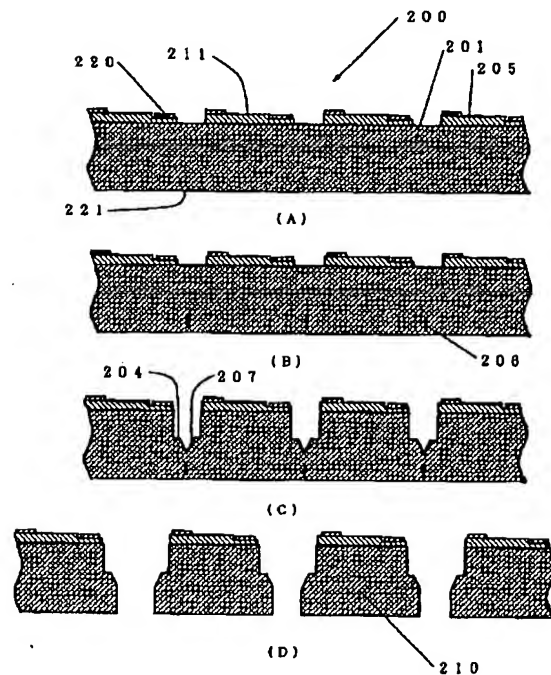
509・・・サファイア基板に形成した溝部

510・・・窒化物半導体素子

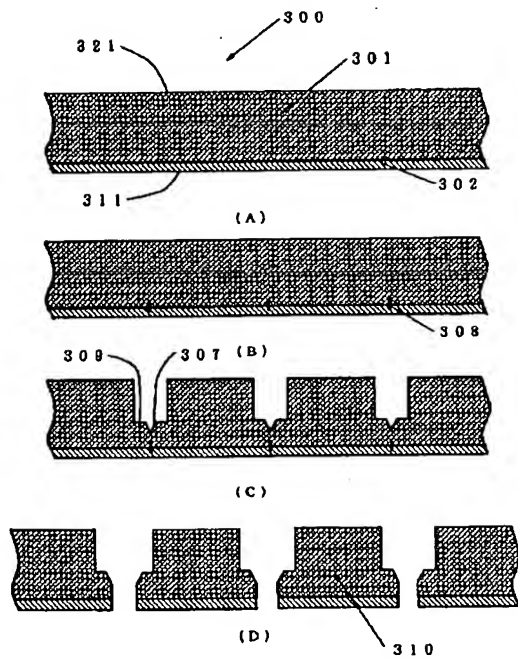
【図1】



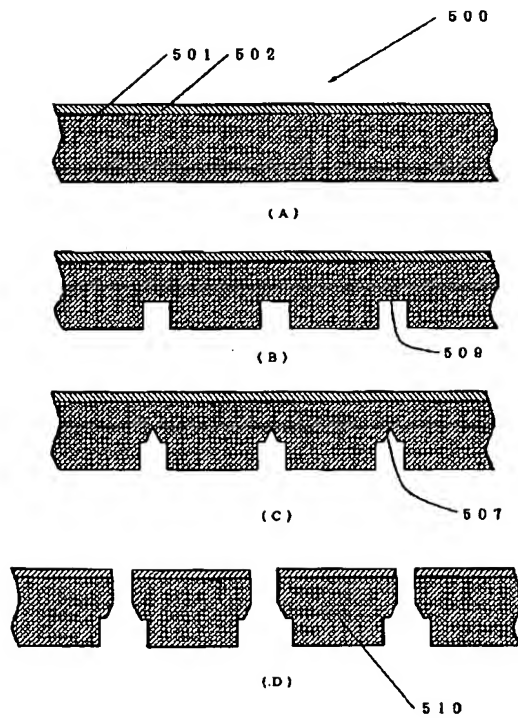
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

